Die

Frühjahrsperiode der Birke

(Betula alba L.)

und des Ahorn

(Acer platanoïdes L.)

Inaugural-Dissertation

der philosophischen Facultät zu Rostock

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt

von

Julius Schroeder,

Assistenten der pflanzenphysiologischen Versuchs-Station Tharand.

Abdruck a. d. „Landw. Versuchs-Stationen", ed. Prof. Dr. F. Nobbe. Bd. XIV. 1871.

Eins der interessantesten Phänomene, welches der Beobachtung sich darbietet, ist das Bluten einer Anzahl von Laubbäumen im Frühjahr. Lange bevor eine Regung oder Entfaltung der Knospen beginnt, tritt diese Erscheinung ein, sie ist der Vorbote eines neu erwachenden Lebens in der Pflanzenwelt und das erste Anzeichen beendeter Winterruhe. Die Bäume stehen im Frühjahr im Saft — sie bluten oder thränen aus Stamm und Wurzel bei Verletzungen, und geben dann aus Bohrlöchern oft sehr erhebliche Quantitäten eines meist zuckerreichen Saftes, der mit nicht geringer Kraft aus den Wundstellen hervorgepresst wird. Beginnt die Anschwellung und Vergrösserung der ruhenden Winterknospen für die äussere Beobachtung wahrnehmbar zu werden, dann lässt das Bluten in seiner Intensität mehr und mehr nach, um zuletzt gegen die Zeit der Knospenöffnung hin vollkommen aufzuhören.

Das physiologische Interesse der Blutungserscheinungen hatte bereits seit längerer Zeit eine Reihe von Untersuchungen veranlasst, die nach einer Erklärung derjenigen Kräfte suchten, welche beim Auspressen des Saftes thätig sind. Durch die neueren Arbeiten Hofmeister's besitzen wir jetzt eine Vorstellung, welche hinreichend Rechenschaft giebt von der Art und Weise eines Vorganges, der bis dahin dem Verständniss sich vollkommen zu entziehen schien. Das endosmotische Verhalten der im Parenchym vorhandenen Colloïdsubstanzen — der Albuminkörper und des aus der Stärke im Frühjahr sich bildenden Dextrin's — ist nach dieser Lehre die nächste Ursache, welche das Bluten bedingt. Aus dem umgebenden Medium tritt in die an Colloïdkörpern reichen Zellen eine grosse Menge Wasser ein, ohne dass diese Substanzen selbst, ihres hohen endosmotischen Aequivalentes wegen, in erheblicher Menge die Zellmembran zu durchdringen vermögen. Hierdurch geräth das ganze Gewebe in einen

Zustand der Spannung und Ueberfüllung. Indem die Wasseraufnahme fortdauert, steigert sich der Druck, welcher vom flüssigen Zellinhalte auf die Wände ausgeübt wird. Die Letzteren leisten nur bis zu einer gewissen Grenze Widerstand; ist diese erreicht, dann wird ein Theil des Inhaltes der Zellen in das angrenzende Gefässsystem hindurchgepresst. Bohrt man nun ein in diesem Zustande befindliches Wurzel- oder Stammstück an, dann fliesst der in den Gefässen befindliche Antheil des Saftes aus.

Die grossen Mengen flüssigen Zellinhaltes, welche man im Frühjahr aus den blutenden Laubbäumen gewinnen kann, bieten aber auch nach einer anderen Richtung hin der physiologischen Forschung Interesse. Es ist der chemischen Analyse hier in selten günstiger Weise ausreichendes Material geboten, um durch Erkenntniss der Zusammensetzung des Zellsaftes Blicke in den Haushalt des Pflanzenstoffwechsels zu thun.

Die nachfolgenden Untersuchungen, welche in den Jahren 1863—1867 in Dorpat und der Umgebung Dorpat's unternommen wurden, sind von diesem mehr chemisch-physiologischen Standpunkte aus zur Ausführung gekommen. Den leitenden Gesichtspunkt bildete der Wunsch, die chemischen Vorgänge, welche im Frühjahr beim Erwachen des Knospenlebens thätig sind, näher zu studiren. Der Saft der Birke und das Ahorn wurden zu diesem Zweck in verschiedenen Zeiten der Periode und aus verschiedenen Theilen der Bäume analysirt und mit einander verglichen. Zu gleicher Zeit wurden eine Reihe mikroskopischer Beobachtungen angestellt, durch welche die morphologischen und mikrochemischen Veränderungen, bei Entfaltung und Ausbildung der Knospen erforscht werden sollten. Im Frühjahr 1863 und 1864 beschäftigte mich zunächst eine Untersuchung des Birkensaftes, an welche sich dann im Frühjahr 1867 eine Untersuchung des Ahornsaftes anschloss. Indem es mir in Folgendem hauptsächlich darum zu thun ist, einen Vergleich der Ergebnisse für Birke und Ahorn zu geben, muss ich, in Bezug auf die Details der Einzeluntersuchungen, auf meine beiden diesem Gegenstande gewidmeten Abhandlungen[1]) verweisen.

[1]) Untersuchung der chemischen Constitution des Frühjahrssaftes der Birken, seiner Bildungsweise und weiteren Umwandlung bis zur Blattbildungs-

Zunächst sei es erlaubt ein paar Worte über die Dauer der Blutungszeit vorauszuschicken. Die Untersuchungen ergaben, wie bereits von Hofmeister festgestellt war, eine sehr ungleiche Zeit für die in verschiedenen Höhen befindlichen Theile ein und desselben Baumes. Bei Ahorn und Birke bluteten die unteren Stammtheile früher, als die höher gelegenen. Ebenso war der Saftausfluss in den oberen Partien früher beendet als unten. Im Frühling 1864 wurde an einer Birke unmittelbar über der Erde der erste Saftausfluss am 5. April beobachtet, während etwas höher hinauf kein Saft erhalten werden konnte. Es wurden von Meter zu Meter kleine Röhrchen mit angehängten Auffangeflaschen am Stamm angebracht, und täglich Beobachtungen angestellt. Für je ein Meter waren ungefähr zwei Tage nöthig, so dass der Ausfluss in 7 Meter Höhe erst 14 Tage später, d. h. den 19. April stattfand. Bei einem Ahornbaum, welcher durch die ganze Blutungszeit hindurch im Frühling 1867 an 10 verschiedenen Stellen beobachtet wurde, zeigten sich folgende Verhältnisse:

Höhe des Bohrloches über der Erde.	Anfang des Blutens.	Ende	Dauer der Periode in Tagen.
0,3 Meter . .	19. April	19. Mai	. . 31
1,3 » . .	20. »	16. »	. . 27
2,3 » . .	21. »	16. »	. . 26
3,3 » . .	27. »	16. »	. . 20
4,3 » . .	27. »	16. »	. . 20
5,3 » . .	28. »	16. »	. . 19
6,3 » . .	5. Mai	16. »	. . 12
7,3 »			
8,3 »	11. »	12. »	. . 2
9,3 »			

Hier ist die Differenz in der Länge der Blutungszeit hauptsächlich dadurch bedingt, dass der Saft in eine weiter nach oben gelegene Partie später hinkommt, während am Ende gleichsam plötzlich der Saft in einer mehr oder weniger langen Strecke des Stammes ausbleibt. Die Differenz zwischen der Blutungszeit unten: 31 Tage und oben: 2 Tage, ist indessen sehr bedeutend. In analoger Weise beobachtete ich, wie die Wurzel früher zu bluten begann, und später aufhörte, als der Stamm. Während

periode. — Archiv der Naturkunde Liv-, Esth- und Kurlands, II. Serie, Bd. VII, 1865. — Beitrag zur Kenntniss der Frühjahrsperiode des Ahorn (Acer platanoïdes L.) Pringsheim, Jahrbücher der wissenschaftlichen Botanik 1869.

ein Stammbohrloch bei einer Birke unmittelbar über der Erde am 9. Mai (1863) um Mittagszeit versiegte, gab ein Wurzelbohrloch in 2,9 Meter Entfernung vom Stamm noch bis zum Abend des 11. Saftquantitäten, welche zur Untersuchung ausreichten. Beim Ahorn zeigte ein Stammbohrloch an der Erde den Beginn des Blutens am 27. April (1867), während ein Wurzelbohrloch in ein Meter Entfernung vom Stamm seit dem 24. reichliche Saftquantitäten ausgab.

Was die Dauer der ganzen Periode anlangt, so stellt sich dieselbe für die Birke länger, als für den Ahorn. Vergleicht man bei beiden Bäumen den Stamm an der Erde, so fand sich beim Ahorn die Dauer des Saftausflusses vom 19. April bis 19. Mai also genau einen Monat; bei der Birke wurde 1864 der Beginn am 5. April und das Ende am 22. Mai bestimmt, also eine Dauer von 48 Tagen. Im Frühling 1867 blutete eine Birke 9 Tage länger, als der Ahorn, und stand bereits in vollem Saft, als beim Ahorn der Anfang beobachtet wurde. Der Beginn der Blutungszeit ist für die Birke bei Dorpat etwa Anfang April, der Ahorn kommt eine Woche später, und endet auch etwa eine Woche früher.

Die chemische Untersuchung musste in erster Linie den Zucker, als den wichtigsten und hervorragendsten Bestandtheil der Blutungssäfte, in den Kreis der Betrachtung ziehen. Nächst dem Zucker wurden das Eiweiss, die Mineralbestandtheile und die sowohl im Birken- wie Ahornsafte aufgefundene Aepfelsäure einer näheren Untersuchung unterworfen.

I. Zucker.

Der im Birkensafte enthaltene Zucker ist Fruchtzucker. Seine Lösung dreht die Polarisationsebene nach links. Beim Kochen löst er sich leicht in Alkohol von 95 Proc. Rohrzucker konnte im Birkensafte niemals aufgefunden werden. Der Ahornzucker dagegen ist Rohrzucker, dem niemals eine andere, die alkalische Kupferlösung direct reducirende, Zuckerart beigemengt ist. Beim Eindampfen lässt sich der Ahornzucker leicht in Krystallen erhalten, während der Birkenzucker bei dieser Behandlung nicht krystallisirt. Die quantitative Bestimmung wurde nach der Trommerschen Methode ausgeführt, wobei der um's

Zehnfache verdünnte Saft bei der Birke direct, beim Ahorn nach vorhergegangener Behandlung mit einigen Tropfen Schwefelsäure zur Anwendung kam.

Zu verschiedenen Zeiten der Blutungsperiode, sowie aus verschiedenen Theilen desselben Baumes gewonnen, zeigen Ahornsaft sowohl, als Birkensaft, einen wechselnden Zuckergehalt, der beim Ersteren im Allgemeinen immer grösser ist, als bei Letzterem. Beim Birkensaft fand sich, als höchste Zahl aller Bestimmungen, 1,92 Proc., als kleinste 0,34 Proc., beim Ahornsaft vor das Maximum 3,71 Proc., das Minimum 1,15 Proc., so dass die höchste Zahl hier nahezu doppelt so gross ist, als die höchste Zahl beim Birkensaft.

Welches ist nun die physiologische Bedeutung des Zuckers in den Blutungssäften — woraus entsteht er, und zu welchen Zwecken wird er verwendet? Auf die Beantwortung dieser beiden Hauptfragen kommt es hier wesentlich an. Sowohl beim Ahorn als bei der Birke finden sich bedeutende Mengen Reservestärke in der Rinde und im Holzkörper abgelagert. Eine genauere mikroskopische Untersuchung führt ausserdem beim Vergleiche beider Bäume zur Ueberzeugung, dass die Stärkemengen beim Ahorn bedeutender sind, als bei der Birke. Den Zucker von der Reservestärke abzuleiten, ist eine Annahme, welche sich hier der Betrachtung ohne Zweifel als die erste darbieten muss. Würde sich die Menge der Stärke in bestimmten Theilen des Baumes während der Blutungszeit vermindern, oder gar vollkommen verschwinden, dann würde unsere Annahme durch einen bedeutenden Wahrscheinlichkeitsgrund gestützt sein. Diesen Beweis direct beizubringen ist mir aber in keinem Falle gelungen. Sehen wir uns indessen auf verwandten Gebieten um, so finden wie bei den genauer untersuchten Keimungsvorgängen, deren Chemismus ohne Zweifel mit dem hier in Frage stehenden in Parallele gesetzt werden kann, Umwandlungen der Reservestärke als allgemein verbreitete Thatsache festgestellt. Sachs hat gezeigt, wie in Geweben, welche in Streckung begriffen sind, Zucker auftritt, der nur auf die gleichzeitig vorhandene und proportional der Zuckerbildung verschwindende Reservestärke zurückgeführt werden kann. Wenn sich nun auch hier, während der Blutungs-

periode selbst, eine Verminderung der Stärke nicht nachweisen lässt, so tritt dieselbe nichtsdestoweniger ein, wenn die Beobachtung über die Grenzen dieses Zeitraumes hinausgeführt wird. Famintzin und Borodin haben gezeigt, wie bei der Birke transitorische Stärke auftritt, die bei beginnender Streckung resorbirt wird. Eine mikroskopische Untersuchung, welche ich über die Entwickelung der Ahornknospen ausführte, gab ein ähnliches Resultat. Es liess sich mit grosser Entschiedenheit der Nachweis liefern, wie die Stärke, sowohl in der Rinde, als im Holzkörper, verschwindet und das Material hergiebt zur Entfaltung der Knospen. Diese Thatsachen dürften vom theoretischen Standpunkte aus genügen, die Herkunft des Zuckers von der Reservestärke zu beweisen. Indem wir daher annehmen, die absolut vorhandenen Stärkemengen seien im Verhältniss zu den während der Blutungszeit in Zucker umgesetzten zu bedeutend, um der Beobachtung auf mikroskopischem Wege eine Verminderung zu zeigen, müssen wir den directen Nachweis späteren Untersuchungen fürs Erste vorbehalten.

Unsere Annahme gewinnt nun aber an Wahrscheinlichkeit, wenn sich hier, wie ich sogleich zeigen werde, eine ähnliche physiologische Bestimmung des Zuckers wie bei den Keimungsvorgängen nachweisen lässt, d. h. eine Umwandlung des Zuckers in Cellulose.

Ungleich leichter, als beim Ahorn, lässt sich aus den Veränderungen, welche der Zuckergehalt des Blutungssaftes während der Frühjahrsperiode erleidet, und aus den Verschiedenheiten, welche er zu derselben Zeit in verschiedenen Höhen des Stammes zeigt, bei der Birke ein Schluss in Bezug auf seine physiologische Bestimmung ziehen. Während es beim Ahorn fast unmöglich ist, Beziehungen des sich ändernden Zuckergehaltes zum erwachenden Knospenleben aufzufinden, geht dies bei der Birke leicht und ohne Schwierigkeiten. Wie nun im Laufe der vorliegenden Untersuchungen der Birkensaft zuerst genauer studirt wurde, so möge auch hier zuerst eine Betrachtung desselben vorausgeschickt werden, ehe wir uns zu einem Vergleich der Verhältnisse beim Ahorn wenden.

Bohrt man einen voll im Safte stehenden Birkenbaum in

verschiedenen Höhen an, so findet man den Zuckergehalt überall verschieden. Es zeigt sich aber bald eine Gesetzmässigkeit. Von der Erde aufsteigend, nimmt der Zuckergehalt bis zu einer gewissen Höhe hinauf zu, um dann, weiter nach oben hin, wieder abzunehmen. Das Maximum liegt gewöhnlich nur ein paar Meter über der Erdoberfläche. Folgende Bestimmungen vom 14. und 19. April 1864 werden diese Thatsachen veranschaulichen:

Höhe des Bohrloches über der Erde in Metern.	14. April.	19. April.
	Zucker-Proc.	
0	1,39	1,11
1	1,32	1,19
2	1,32	1,31
3	1,60	1,29
4	1,24	1,21
5,5	0,63	0,74
7	0,74	0,66

Man sieht hier ausserdem, wie am 19. April, also 7 Tage später, fast in allen Bohrlöchern der Zuckergehalt geringer geworden. Diese Thatsache wird besonders deutlich, wenn man den Gehalt des Saftes im Stamm unmittelbar über der Erde durch die ganze Blutungszeit hindurch beobachtet. Man findet dann vom Anfange an eine Zunahme bis zu einem Maximum, und dann ziemlich stetige Verringerung bis zum Ende der Periode. Folgende Zahlenreihe diene als Beleg dieser Thatsache:

Birke. Frühling 1864. Bohrloch unmittelbar über der Erde.

Datum.	Zucker-Proc.	Datum.	Zucker-Proc.	Datum.	Zucker-Proc.
Beginn des Blutens.		21. April	1,08	7. Mai	0,96
5. April	1,25	22.	1,09	8.	0,96
6.	—	23.	—	9.	0,98
7.	—	24.	1,06	10.	0,94
8.	1,39	25.	0,96	11.	0,90
9.	1,40	26.	1,04	12.	0,89
10.	—	27.	1,05	13.	0,84
11.	1,35	28.	1,01	14.	0,80
12.	1,35	29.	0,99	15.	—
13.	1,30	30.	1,04	16.	0,92
14.	1,27	1. Mai	1,03	17.	0,90
15.	1,25	2.	1,01	18.	0,94
16.	1,20	3.	1,01	19.	0,94
17.	1,09	4.	1,03	20.	0,71
18.	1,11	5.	1,02	21.	0,73
19.	1,09	6.	1,06	22.	0,69
20.	1,06			Ende des Blutens.	

Einmal nimmt also der Zuckergehalt während der Blutungsperiode im Allgemeinen ab, und dann wird die Concentration im Stamm nach oben hin geringer. Beide Thatsachen, die durch mehrfach wiederholte Controlbeobachtungen als sicher erwiesen zu betrachten sind, lassen sich leicht verstehen, wenn ein Verbrauch von Zucker in den jungen Trieben stattfindet. Die absolute Abnahme ist eine Folge des Verbrauches überhaupt, die geringere Concentration oben eine Folge der gerade dort hauptsächlich stattfindenden Umsetzung des Zuckers, und zugleich ein Beweis für eine vorhandene ausgleichende Diffusionsströmung, durch welche Zucker aus den unteren Stammpartien in die höher gelegenen und nach den Verbrauchsstätten hin geführt werden muss. Um hier eine sichere Ueberzeugung zu gewinnen, kommt es also darauf an, zu zeigen, dass der Zuckergehalt von der Knospenentwickelung abhängig sei, dass beide in unsächlichem Zusammenhange stehen. Vergleichende Beobachtungen, die ich im Frühjahr 1863 in der Nähe Dorpat's in einem Birkenwalde anzustellen Gelegenheit hatte, gaben mir den Beweis einer vorhandenen Beziehung zwischen Zuckergehalt und Knospenausbildung. Bei Betrachtung eines grösseren Birkenbestandes regte sich die Frage nach den Differenzen, welche bei verschiedenen Bäumen durch individuelle Eigenthümlichkeiten gegeben sein könnten. Bei gleichen äusseren Bedingungen, gleichen Boden- und Witterungsverhältnissen durften die Grenzen der individuellen Schwankungen als nur enge vorausgesetzt werden. Ich war daher nicht wenig erstaunt ein diesen Erwartungen durchaus entgegengesetztes Resultat zu finden. Vom 6. bis zum 12. Mai wurde bei nahe neben einander stehenden Bäumen der Zuckergehalt des Saftes in der Nähe der Erde von 0,47 Proc. bis 1,66 Proc wechselnd gefunden. Diese Verschiedenheit, die ich zuerst mit wenig Erfolg auf Alter, Grösse etc. der Bäume zu beziehen versuchte, erklärte sich bald, als ich, von theoretischen Betrachtungen geleitet, die Knospenentwickelung näher ins Auge fasste. Es zeigte sich, wie ein grösserer oder geringerer Zuckergehalt des Saftes bedingt war durch eine weniger oder mehr fortgeschrittene Knospenentwickelung. Durch die Betrachtung der Knospen zweier Bäume bestimmte ich im Voraus, welcher von

Beiden den grösseren Zuckergehalt zeigen würde. Die darauf folgende Bestimmung bestätigte die Voraussetzung. Es zeigte sich der geringere Gehalt bei entwickelteren Knospen, der grössere bei weniger entwickelten. So fand sich am 6. Mai bei zwei Bäumen, die nur um einige Fuss von einander entfernt standen, bei einem ein Zuckergehalt von 1,25 Proc., während der andere 1,66 Proc. hatte. Ersterer war aber schon mit einer Anzahl ganz kleiner Blättchen bedeckt, während Letzterer erst eben aufbrechende Knospen zeigte.

Der Zuckergehalt eines Baumes steht zur Knospenentwickelung in umgekehrtem Verhältniss; der absolute Zuckergehalt nimmt während der Blutungsperiode ab; die Concentration des Saftes in Bezug auf Zucker ist in den oberen Stammtheilen kleiner, als in den unteren. In diesen 3 Sätzen scheint mir der Beweis zu liegen, dass bei der Birke während der Blutungsperiode Zucker von den Knospen verbraucht wird oder, wenn man sich so ausdrücken darf, Zucker in Cellulose umgewandelt wird.

Wenden wir uns nun zum Ahorn.

Es lag nahe, bei dem Blutungssafte des Ahorn ähnliche Unterschiede vorauszusetzen, wie sie beim Birkensafte gefunden waren. In der That ging ich im Frühjahr 1867 an die Untersuchung des Ahornsaftes im Glauben, es handele sich nur um Feststellung vorhandener Identitäten. Wie wenig indessen diese Annahme durch den Erfolg gerechtfertigt wurde, sollen die folgenden Auseinandersetzungen zeigen. Vor Beginn des Saftsteigens wurde der Versuchsbaum an 10 verschiedenen Stellen angebohrt. Das unterste Bohrloch war 0,30 Meter über der Erde angebracht und wurde mit No. 0 bezeichnet. Jedes folgende Bohrloch war um ein Meter höher angelegt, so dass die No. desselben die Höhe über der Erde in Metern angiebt, wenn 0,30 hinzugefügt wird. Die ganze Höhe des Baumes betrug 12 Meter. Da das oberste Bohrloch No. IX 9,3 Meter über der Erde sich befand, so blieb nur die 3 Meter lange Stammspitze aus der Untersuchung ausgeschlossen. Die Verästelung des Baumes begann bei Bohrloch No. I und setzte sich sehr gleichmässig von hier nach oben zu auf allen Seiten des Stammes zum Gipfel

hinauf fort. Die Zuckerbestimmungen ergaben nun folgende Resultate:

Datum.	No. 0.	No. I.	No. II.	No. III.	No. IV.	No. V.	No. VI.	No. VII.	No. VIII.	No. IX.
19. April	2,51									
20.	2,67	*)								
21.	2,70	3,10	2,58							
22.	2,44	? **)	? ***)							
23.	—	—	—							
24.	—	—	—							
25.	—	—	—							
26.	—	—	—							
27.	2,00	2,99	2,57	2,62	2,51					
28.	2,58	2,49	2,58	2,73	2,57	2,97				
29.	2,73	3,03	2,99	3,42	—	—				
30.	3,06	3,17	—	—	—	—				
1. Mai	? **)	? **)	—	—	—	—				
2.	—	—	—	—	—	—				
3.	2,49	2,97	—	—	—	—				
4.	2,46	—	—	—	—	—				
5.	2,64	2,26	? **)	3,28	2,79	3,30	2,88			
6.	2,64	2,88	—	—	—	—	—			
7.	2,32	2,46	3,15	3,39	2,84	3,25	3,14			
8.	2,29	—	—	—	—	—	—			
9.	2,18	2,17	3,19	3,44	2,38	3,28	2,70			
10.	—	—	—	—	—	—	—			
11.	—	—	—	—	—	—	—	? *)	? *)	? *)
12.	1,88	1,41	3,21	3,17	2,76	3,39	3,17	3,72	3,30	3,71
13.	1,92	1,22	2,88	2,64	—	3,17	—			
14.	1,76	1,15	2,40	2,16	? **)	2,73	2,83			
15.	? **)	? **)	? **)	? **)	? **)	? **)	? **)			
16.	1,92	? **)	? **)	2,21	? **)	2,12	2,79			
17.	1,94									
18.	1,83									
19.	1,76									

*) Beginn des Ausflusses, aber zu wenig zur Bestimmung.
**) Zu wenig zur Bestimmung.
***) Bestimmung verunglückt und kein Material weiter vorhanden.
— Ausfluss sistirt.

Wenn man bei der Birke je weiter nach oben den Saft um so ärmer an Zucker findet, so hat man hier durchaus das Gegentheil. Abgesehen von kleineren Abweichungen könnte man im Allgemeinen sagen: der Saft wird um so reicher an Zucker, je weiter man im Stamm nach oben kommt. Das Maximum des Zuckergehaltes liegt bei der Birke unten, beim Ahorn oben. Die grössere Concentration des Ahornsaftes an Zucker könnte,

wie ich schon früher andeutete, erklärt werden durch den grösseren Stärkegehalt, den der Holz- und Rindentheil beim Ahorn im Gegensatz zur Birke zeigt. Aber auch die relative Vertheilung der Stärke ist hier anders. Während bei der Birke in den dünneren Zweigen relativ wenig Stärke sich zeigt und das Hauptreservoir unten liegt, so fand ich beim Ahorn in den dünneren Zweigen zum Mindesten nicht weniger, als weiter nach unten. Diese Differenz könnte schon an sich einen Unterschied in der Concentrationsvertheilung des Saftes bedingen, wenn nicht bei der Birke der von den Knospen ausgehende Verbrauch ebenfalls dahin wirken müsste, den Saft oben noch diluirter zu machen. Wie stellt sich nun beim Ahorn die Knospenentwickelung während der Blutungsperiode? Eine dahin zielende Untersuchung ergab, dass die Ahornknospen während der Blutungszeit so gut wie unthätig sind. Eine Grössenzunahme war kaum festzustellen, eine Aenderung in der Stoffvertheilung trat nicht ein. Das Anschwellen der Knospen begann aber bald nach Beendigung des Saftsteigens. Auch die Thätigkeit des Cambiumringes in den dünnsten Aestchen beginnt nicht in dieser Zeit, sondern erst später nach Entfaltung der Knospen. Zwei Umstände sind es also, welche hier einen Unterschied bedingen könnten, und beide müssten dahin wirken, den Ahornsaft concentrirter als den Birkensaft zu machen. Einmal wird beim Ahorn vermöge des grösseren Stärkegehaltes mehr Zucker gebildet, und dann findet von den Knospen ein geringerer Verbrauch statt. Die Blutungsperiode ist ja nur ein Theil des Zeitraumes, in welchem die Knospen zur Entwickelung gelangen, und den man passend die Reservestoffperiode nennen könnte. Alle hier betrachteten Verhältnisse zeigen, wie beim Ahorn die Blutungszeit einen früheren, bei der Birke einen späteren Abschnitt der ganzen Reservestoffperiode einnimmt.

Die relative Unthätigkeit der Ahornknospen, die in den höheren Theilen des Stammes grössere Concentration in Bezug auf Zucker sind Thatsachen, welche sich gegenseitig erklärend ergänzen und beim Ahorn die geringere Intensität der Lebenserscheinungen überhaupt während der Blutungszeit anzeigen.

Wenn wir nun angesichts dieser Thatsachen die Frage aufwerfen: ob nicht dennoch beim Ahorn in der Blutungszeit ein wenn auch geringer Zuckerverbrauch stattfindet, dann bleibt uns von den bei der Birke angewendeten Betrachtungsweisen nur eine übrig. Wir müssen aufzufinden suchen, ob der absolute Zuckergehalt sich in unserer Periode verringert oder vergrössert. Hier kann man natürlich nicht in der Weise verfahren, wie wir es bei der Birke gethan, indem wir unsere Betrachtung an die Resultate der Zuckerbestimmungen knüpften, welche in dem Safte eines Bohrloches unmittelbar über der Erde gewonnen waren. Bei der Birke kommt der Zuckergehalt im Safte nahe der Erde dem Maximum des Zuckergehaltes im ganzen Baume nahe und konnte daher für das Letztere substituirt werden. Beim Ahorn wäre dies Verfahren fehlerhaft, und wir würden hier richtiger handeln, das höchste oder eins der höchsten Bohrlöcher zu wählen, welche den zuckerreichsten Saft geben. Da diese Bohrlöcher aber nur sehr kurze Zeit Saft ausgeben, so kann dies Verfahren nicht angewendet werden. Für die Zeit vom 28. April bis zum 16. Mai können wir das 5 Meter lange untere Stammstück des Versuchsbaumes einer Betrachtung unterziehen, indem wir aus allen, in diesem Theile vorhandenen, Bestimmungen ein Mittel berechnen. Die folgenden Zahlen sind in dieser Weise gewonnen, und es sei dabei nur bemerkt, dass die fehlenden Zahlen an den Tagen, wo in einem Bohrloche der Saftausfluss sistirt war, nach dem Gange der betreffenden Curve interpolirt worden sind:

Datum.	Zucker-Proc.	Datum.	Zucker-Proc.
28. April	2,74	7. Mai	2,90
29. »	2,97	8. »	2,85
30. »	3,06	9. »	2,77
3. Mai	2,97	12. »	2,64
4. »	2,91	13. »	2,37
5. »	2,90	14. »	2,05
6. »	3,02	16. »	2,12

Bis zum 30. April nimmt der absolute Zuckergehalt zu und erreicht hier ein Maximum von 3,06 Proc. Die darauf folgende Abnahme ist eine so langsame, dass erst am 9. Mai die Aus-

gangsmenge vom 28. April erreicht wird. Von dieser Zeit ab bleibt die Verringerung des Zuckergehaltes constant. Wie bei der Birke, so tritt also auch beim Ahorn eine Verminderung des absoluten Zuckergehaltes ein, wenn sie auch, entsprechend dem relativ geringen Knospenleben, hier nicht so gleichmässig und entschieden sich zeigt, wie dort.

So oft der Saft aus der Wurzel untersucht wurde, so fand sich stets ein analoges Verhältniss, wie in den höher gelegenen Stammtheilen. Je weiter man sich vom Stamm entfernte, um so mehr nahm bei der Birke in der Wurzel der Zuckergehalt ab, beim Ahorn dagegen wurde er grösser. Die Wurzel blutete auch früher und länger, als der Stamm in seinen unteren Partien.

II. Eiweiss.

Beim Aufkochen der Blutungssäfte, sowohl bei Ahorn als Birke, scheidet sich stets eine grössere oder kleinere Menge Eiweiss unlöslich ab. Beim Birkensaft wurde dasselbe durch directe Wägung bestimmt, beim Ahornsaft durch Verbrennung mit Natronkalk und Berechnung aus der Menge des gebildeten Ammoniaks. Die Resultate dieser Bestimmungen mit den gleichzeitig im Safte vorhandenen Zuckermengen ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

1 Liter Birkensaft enthält Zucker und Eiweiss:
(Bohrloch unmittelbar an der Erde. 1864.)

Datum.	Eiweiss.	Zucker.	Datum.	Eiweiss.	Zucker.
10. April	0,0200	14,0	28. April	0,0155	10,1
12. »	0,0287	13,5	1. Mai	0,0170	10,3
14. »	0,0241	12,7	2. »	0,0065	10,1
15. »	0,0307	12,5	4. »	0,0068	10,3
16. »	0,0330	12,0	6. »	0,0072	10,0
17. »	0,0213	10,9	7. »	0,0099	9,6
24. »	0,0273	10,6	19. »	0,0069	9,4
27. »	0,0165	10,5			

1 Liter Ahornsaft enthält Zucker und Eiweiss:

(1867.)

Bezeichnung des Bohrloches.		Datum.	Eiweiss.	Zucker.
No. 0	0,3 Meter über der Erde	27.u.28.April	0,0205	22,9
		29.u.30.April	0,0186	28,9
		3. Mai	0,0238	24,9
		5. Mai	0,0117	26,4
		7. Mai	0,0152	23,2
		16. Mai	0,0079	19,2
No. III	3,3 Meter über der Erde	7. Mai	0,0251	33,9
No. V	5,3 Meter über der Erde		0,0344	32,5
Stamm	0,25 Meter über der Erde	29. April	0,0081	14,9
Wurzel	1 Meter vom Stamm		0,0093	19,3
Stamm	0,25 Meter über der Erde	6. u. 12. Mai	0,0131	12,6
Wurzel	1 Meter vom Stamm		0,0130	18,6

Der absolute Eiweissgehalt des Saftes ist bei beiden Bäumen ziemlich gleich. Bei der Birke nimmt das Eiweiss zuerst bis zu einem Maximum zu, und verringert sich dann wieder. Beim Ahorn enthalten die oberen Theile des Stammes mehr, als die unteren. Die Wurzel zeigt in einem Fall einen grösseren, im anderen einen ebenso hohen Gehalt, als der Stamm. Auch beim Ahorn verringert sich das Eiweiss gegen Ende der Periode.

Alle diese Ergebnisse sind den für den Zucker gefundenen vollkommen analog. Aus dem gleichen Verhalten des Eiweisses und des Zuckers muss ihre gleiche physiologische Bedeutung hervorgehen. Wie der Zucker aus einem Reservestoff entsteht und verbraucht wird, so muss auch das Eiweiss in der Frühjahrsperiode gelöst und zur Knospenentwickelung verwendet werden — eine Thatsache, die mit den bisherigen Resultaten der Forschung auf verwandten Gebieten in vollkommener Uebereinstimmung steht.

III. Mineralbestandtheile.

Die Bestimmung der Mineralbestandtheile geschah, nach Eindampfen abgemessener Saftquantitäten, durch Einäschern der organischen Substanzen und Untersuchung der auf diesem Wege erhaltenen Aschen.

Betrachten wir zuerst die Summe der gefundenen Aschen, so haben wir für Birke und Ahorn folgende Ergebnisse:

Birke 1863. Vergleich des Aschengehaltes in 0,28 und 7,33 Meter Stammhöhe.

1 Liter giebt Asche:

Datum.	0,28 Meter Stammhöhe	7,33 Meter Stammhöhe
18. April	0,52	0,29
20. und 21. April	0,66	0,34
22. und 23. April	0,82	0,42
30. April	1,14	0,54

Birke 1863. Vergleich des Aschengehaltes im Saft des Stammes und der Wurzel.

1 Liter giebt Asche:

Datum.	Stamm 0,20 Meter von der Erde.	Wurzel 0,42 Meter vom Stamm.	Wurzel 2,90 Meter vom Stamm.
7. Mai	—	0,81	—
9. »	0,87	—	—
10. »	—	0,78	0,68

Birke 1864. Aschengehalt des Saftes im Stamm nahe der Erde. Ganze Blutungsperiode.

1 Liter giebt Asche:

Datum.	Asche.	Datum.	Asche.	Datum.	Asche.
11. April	0,50	21. April	0,87	6. Mai	0,86
13. »	0,53	24. »	0,90	10. »	0,88
15. »	0,57	26. »	1,00	12. »	0,86
17. »	0,64	28. »	1,06	14. »	0,91
19. »	0,72	2. Mai	1,08	18. »	0,97

Ahorn 1867. Aschengehalt des Saftes in 0,3, 3,3 und 5,5 Meter Stammhöhe.

1 Liter giebt Asche:

Stammhöhe.	Datum.	Asche.
0,30	27. u. 28. April	1,22
0,30	5. Mai	1,09
0,30	18. Mai	0,93
3,30	5. Mai	1,02
5,30	5. Mai	1,32

Ahorn 1867. Aschengehalt des Saftes im Stamm (0,25 Meter von der Erde entfernt) und der Wurzel 1 Meter vom Stamm.

1 Liter giebt Asche:

Stamm den 5. Mai . 0,63
Wurzel den 5. Mai . 0,95.

Betrachtet man zunächst den Birkensaft, so ist es auffallend, wie verschieden sich die Menge der Asche in den einzelnen Theilen des Baumes zeigt. Ganz wie beim Zucker, so finden wir auch hier die Gesammtquantität der Asche oben im Stamm und in der Wurzel geringer, als im Stamm nahe der Erde. Dieses scheinbar gleiche Verhalten verschwindet aber bald, wenn man die Beobachtung eine längere Zeit fortsetzt. Man sieht dann, wie gegen Ende der Periode hin, die Aschenmenge bedeutend zunimmt, während ja beim Zucker eine Abnahme stattfindet. In der Zeit vom 18. bis zum 30. April hatte die Aschenmenge, sowohl unten als in 7 Meter Höhe, sich fast verdoppelt, während die Zuckermenge zu gleicher Zeit sich verringerte. Ebenso verdoppelte sich die Aschenmenge im Saft des Stammes an der Erde bei der Beobachtung im Frühling 1864. Vom 11. April, wo in einem Liter 0,50 gefunden war, stieg sie am 2. Mai auf 1,08, und hielt sich dann ziemlich gleich bis zum Ende, wo die Beobachtung mit 0,97 abgeschlossen wurde. Der Zucker war in derselben Zeit von 13,5 Grm. auf 9,4 Grm. im Liter gefallen. Beim Ahorn finden wir oben im Stamm und in der Wurzel, ebenso wie beim Zucker, mehr Asche im Saft als im Stamm an der Erde. Wie aber beim Ahorn der absolute Zuckergehalt gegen Ende der Periode weniger als bei der Birke abnimmt, so tritt auch eine Zunahme der Aschenbestandtheile nicht hervor — sie sind am Ende sogar in etwas geringerer Menge vorhanden. Aus diesen Beobachtungen würde hervorgehen, dass bei der Birke während der Blutungsperiode Mineralbestandtheile aus dem Boden schon aufgenommen oder doch aus einer vorher unlöslichen Form in eine lösliche übergeführt werden, während sie beim Ahorn in dieser Zeit im Stoffwechsel eine nur sehr geringe Rolle zu spielen scheinen. Die Zunahme der Mineralbestandtheile, der stärkere Verbrauch an Zucker und die bestimmt sich geltend

machende Knospenentwickelung bei der Birke stehen beim Ahorn dem geringen Zuckerverbrauch, der sich fast gleich bleibenden Menge an Mineralbestandtheilen und relativen Unthätigkeit der Knospen gegenüber. Auf beiden Seiten sind die Beobachtungen unter einander im Einklang und zeigen, wie bei der Birke die Blutungszeit in ein späteres Stadium der Knospenentwickelungsperiode fällt, als beim Ahorn. Wir wenden uns nun zu den Einzelergebnissen der Aschenanalysen und schicken die Resultate in tabellarischer Uebersicht voraus:

Birke 1863. Vergleich des Saftes in 0,28 und 7,33 Meter Stammhöhe.

1 Liter Saft enthält:

Datum.	Bohrloch.	KO	NaO	MgO	CaO	Fe_2O_3	PO_5	SO_3	Cl
18. April	unten	0,0848	0,0109	0,0403	0,1527	0,0011	0,0252	0,0104	0,0062
	oben	0,0873	0,0078	0,0204	0,0456	0,0006	0,0222	0,0061	0,0054
20. u. 21. April	unten	0,0852	0,0107	0,0648	0,2333	0,0012	0,0271	0,0137	0,0064
	oben	0,0934	0,0046	0,0319	0,0790	0,0008	0,0186	0,0065	0,0046
22. u. 23. April	unten	0,0893	0,0107	0,0705	0,3180	0,0031	0,0350	—	—
	oben	0,1009	0,0078	0,0360	0,1166	0,0011	0,0265	—	—
30. April	unten	0,1000	0,0235	0,0476	0,4530	0,0046	0,0862	—	—
	oben	0,1298	0,0115	0,0434	0,1423	0,0029	0,0290	—	—

Birke 1863. Vergleich des Saftes in Stamm und Wurzel.

1 Liter Saft enthält:

Datum.	Bohrloch.	KO	NaO	MgO	CaO	Fe_2O_3	PO_5
9. Mai	Stamm 0,20 Meter von der Erde	0,1404	0,0279	0,0973	0,2540	0,0085	0,0291
7. Mai	Wurzel in 0,42 Met.	0,1555	0,0219	0,0622	0,2033	0,0034	0,0424
	Entferng. v. Stamm	0,1636	0,0332	0,0715	0,1922	0,0050	0,0291
10. Mai	Wurzel in 2,90 Met. Entferng. v. Stamm	0,1502	0,0272	0,0647	0,1586	0,0067	0,0335

Ahorn 1867. Vergleich des Saftes in 0,30 (No. 0) in 3,3 (No. III) in 5,5 (No. V) Meter Stammhöhe. Vergleich des Saftes im Stamm in 0,25 Meter Höhe und der Wurzel in einem Meter Entfernung vom Stamm.

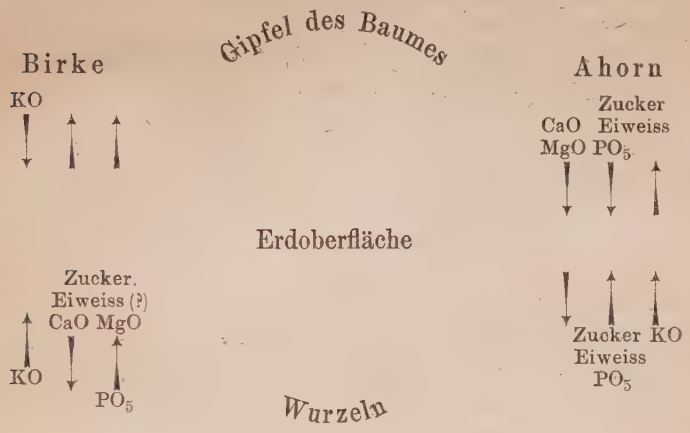
1 Liter Saft enthält:

Datum.	Bohrloch.	KO	NaO	MgO	CaO	Fe_2O_3	PO_5
27. u. 28. April	No. 0	0,2708	0,0086	0,0584	0,2404	0,0050	0,0968
5. Mai	No. 0	0,3529	0,0040	0,0660	0,2262	0,0012	0,0646
18. »	No. 0	0,3009	0,0073	0,0524	0,1462	0,0091	0,0357
5. »	No. III	0,3321	0,0321	0,0673	0,2142	0,0112	0,0415
5. »	No. V	0,1345	0,0182	0,0921	0,2655	0,0067	0,0973
5. »	Stamm	0,1661	0,0056	0,0304	0,1798	0,0019	0,0354
5. »	Wurzel	0,1857	0,0138	0,0281	0,0644	0,0025	0,0474

Vergleichen wir die Mineralbestandtheile bei Ahorn und Birke zu einer Zeit, wo die Gesammtquantität der Salze bei beiden Bäumen ziemlich gleich ist (also etwa beim Ahorn No. 0 alle 3 Mal und Birke unter 30. April), so findet man den Ahornsaft fast 3 Mal so reich an Kali, während im Birkensaft der Kalk vorherrscht. Bei der Birke ist das Kali im Safte der höheren Stammtheile und in der Wurzel in grösserer Menge vorhanden und vermindert sich von hier zum ältesten Stammtheile hin. Beim Ahorn kommt dasselbe Vertheilungsgesetz der Phosphorsäure zu. Bei der Birke ist die Phosphorsäure im Safte der Wurzel in grösserer Menge vorhanden, als im Stamm unten, in diesem nimmt sie mit der Höhe ab. Dasselbe Vertheilungsgesetz kommt beim Ahorn dem Kali zu. Im Birkensaft sind Kalk und Magnesia in der Wurzel und den oberen Stammtheilen in geringster Menge vorhanden, im Safte des Stammes unten in grösster Menge. Im Ahornsafte sind dagegen Kalk und Magnesia in der Wurzel in geringster Menge vorhanden, sie nehmen nach dem Stamm hin und im Safte desselben proportional der Höhe zu. Ueber Natron, Eisenoxyd, Schwefelsäure und Chlor lässt sich noch kein bestimmtes Urtheil abgeben, da diese Stoffe entweder in sehr geringer Menge vorhanden sind oder die betreffenden Bestimmungen wegen Mangel an Material nicht ausgeführt werden konnten. Zucker und allem Anschein nach auch Eiweiss sind bei der Birke vertheilt wie Kalk und Magnesia, beim Ahorn

schliessen sie sich dem Vertheilungsgesetz der Phosphorsäure an.

Bezeichnen wir mit einer Pfeilrichtung eine jedenfalls vorhandene ausgleichende Diffusionsbewegung vom Concentrirteren zum Diluirteren, so haben wir folgenden Vergleich des Stoffwechsels:



IV. Aepfelsäure.

Wurde der Ahorn- oder Birkensaft eingedampft, mit dem gleichen Volum Alkohol von 95 Proc. versetzt und längere Zeit sich selbst überlassen, dann nahm ein zuerst entstandener amorpher Niederschlag krystallinische Form an. Die von der überstehenden Flüssigkeit gereinigten Krystalle stellten sich sehr bald durch qualitative Untersuchung als äpfelsaurer Kalk heraus. Die Analyse des Silbersalzes, sowie die Untersuchung des Kalksalzes bestätigten dieses Resultat und erwiesen das Letztere als neutrales Salz.

1) Birke.

1,2560 Silbersalz gaben: $CO_2 = 0{,}6383$; $C = 0{,}1741$ oder 13,86 Proc. — $HO = 0{,}1510$; $H = 0{,}0168$ oder 1,33 Proc. Die Silberbestimmung gab: 61,26 Proc.

	Analyse	Theorie
C —	13,86	13,79
H —	1,33	1,15
Ag —	61,26	62,07
O —	(22,55)	22,99

Die Constitution des Kalksalzes ergab sich aus folgenden Bestimmungen:
1,0355 Kalksalz gaben 0,1721 HO und 0,2781 CaO, was dem neutralen äpfelsauren Kalk entspricht:

Analyse			Theorie		
CaO —	0,2781	— 26,85	2CaO —	56	— 26,92
$\overline{M}$ —	(0,5853)	— 56,54	$\overline{M}$ —	116	— 55,77
HO —	0,1721	— 16,61	4HO —	36	— 17,31
	1,0355	100,00		208	100,00

2) Ahorn.

0,8325 Silbersalz gaben: CO_2 = 0,4152; C = 0,1132 oder 13,60 Proc. — HO = 0,0940; H = 0,0104 oder 1,12 Proc. Silberbestimmung gab 61,51 Proc.

Analyse	Theorie
C — 13,60	13,79
H — 1,12	1,15
Ag — 61,51	62,07
O — (23,77)	22,99

0,8472 Kalksalz gaben 0,1290 HO und 0,2292 CaO; ebenfalls entsprechend dem neutralen Salz:

	Analyse	
CaO —	0,2292	— 27,04
$\overline{M}$ —	(0,4890)	— 57,71
HO —	0,1290	— 15,25
	0,8472	100,00

Ueber die Veränderungen, welche der Saft im Gehalt an Aepfelsäure erleidet, habe ich beim Ahorn aus Mangel an Material leider keine Bestimmungen ausführen können. Bei der Birke ergab sich dagegen, dass die Aepfelsäure, ebenso wie die Summe der Mineralbestandtheile gegen Ende der Periode hin, zunimmt, wenn diese Vermehrung auch nicht gerade eine sehr

bedeutende und regelmässige genannt werden konnte. Die Zahlen, welche hierbei erhalten wurden, zeigt folgende Zusammenstellung:

1864. 1 Liter Birkensaft enthält an Aepfelsäure (Saft des Stammes nahe der Erde):

Datum.	Aepfelsäure.	Datum.	Aepfelsäure.
11. April	0,3324	29. April	0,5642
14. »	0,2340	1. Mai	0,5280
16. »	0,4493	7. »	0,4364
18. »	0,5157	9. »	0,4207
20. »	0,5203	11. »	0,3564
22.u.23.April	0,3794	13. »	0,3459
25. April	0,5564	19. »	0,4379
27. »	0,6071		

Mikroskopische Untersuchung der Knospenentwickelung beim Ahorn.

Die Blutungsperiode des Ahorn dauerte, wie schon oben angegeben wurde, vom 19. April bis zum 19. Mai 1867, und in dieser Zeit liessen sich an den Knospen keinerlei Veränderungen in der Stoffvertheilung oder Grössenzunahme nachweisen. Es lag mir nun daran, durch fortgesetzte Beobachtungen der Knospenentwickelung festzustellen, wie gross die Periode der Letzteren überhaupt und welchen Theil derselben die Zeit des Saftsteigens ausmache. Zu diesem Zweck wurden die Knospen am 16. Mai (also kurz vor Ende des Blutens) mit denen vom 16. April verglichen. Hieran reihte sich eine Untersuchung am 24. Mai, als die Knospen eben im Aufbrechen waren, und am 11. Juni, als die Blüthen ihre volle Entwickelung erlangt hatten. Den Abschluss fand die Untersuchung am 22. Juni, wo es zum ersten Mal gelang in den Chlorophyllkörnern der Blätter Stärke nachzuweisen. Mit diesem Auftreten der Stärke in den Chlorophyllkörnern muss die Reservestoffperiode als beendet angesehen werden, denn nun produciren die Blätter aus unorganischem Material organischen Stoff, der nicht mehr zur eignen Entwickelung verbraucht wird. Somit würde die Zeit des Saftsteigens beim Ahorn

die erste Hälfte der Reservestoffperiode ausmachen. Die Stoffe, auf welche bei diesem Theil der Untersuchung hauptsächlich Rücksicht genommen wurde, waren: Stärke, Eiweiss und Gerbstoff. Die Stärke und das Eiweiss wurden nach den gewöhnlich bei mikrochemischen Untersuchungen gangbaren Methoden nachgewiesen, bei dem Gerbstoff bediente ich mich dagegen einer Reaction mit doppelt chromsaurem Kali, welche zuerst von Sanio vorgeschlagen, später aber meines Wissens nicht in Anwendung gekommen ist. Der dunkelbraune voluminöse Niederschlag, den Gerbstoff mit dem doppelt chromsauren Kali giebt, ist eine Verbindung von Chromoxyd mit einem Oxydationsproduct des Gerbstoffs; er ist sehr geeignet überall da, wo es sich um genauere Localisirung des Gerbstoffes handelt und wo man Fehlern, welche durch Ausfliessen des Zellinhaltes bei der Präparation entstehen, nur zu leicht ausgesetzt ist. Vor der Untersuchung überzeugte ich mich von der Anwendbarkeit des chromsauren Kalis durch eine Reihe von Controlreactionen, die ich an den fraglichen Objecten mit den bekannten Gerbstoffreagentien ausführte. Bei der Arbeit selbst wurden die zu untersuchenden Pflanzentheile unversehrt in die Lösung des chromsauren Kali gethan und erst später die Schnitte angefertigt. Die auf diesem Wege erhaltenen Präparate sind sehr schön und geben ein überaus bestimmtes Bild von der Vertheilung des Gerbstoffs.

Wenn während der ganzen Blutungsperiode bis zum 19. Mai keinerlei Regung des Knospenlebens sich zeigte, so waren auch die Aenderungen, welche bis zum 24. Mai erfolgt waren, nur gering zu nennen. Die Laubknospen zeigen noch dieselben Grössenverhältnisse, wie am Anfang. Die Blüthenknospen sind dagegen vorausgeeilt und lassen sich an der Grösse jetzt leicht äusserlich von den Laubknospen unterscheiden. Eine Aenderung in der Stoffvertheilung hat nicht stattgefunden. Alle stärkeleitenden Gewebe sind wie früher reichlich mit Stärke erfüllt. Alle Gewebe sind saftreicher geworden. Bei jedem Schnitt, den man durch einen Trieb führt, quillt Milchsaft in reichlicher Menge aus den Milchsaftgefässen hervor.

In der Periode vom 24. Mai bis zum 11. Juni sind in allen Knospentheilen sehr bedeutende Streckungen eingetreten

und die Blüthenorgane haben ihre definitive Grösse erreicht. Um hier einigen Anhalt zu geben, führe ich ein paar Messungen an. Die Länge des grössten Laubblattes aus einer Blüthenknospe beträgt am Mittelnerv 35 Mm., der zugehörige Stiel 15 Mm. Die Länge des grössten Laubblattes aus einer Laubknospe ist am Mittelnerv 15 Mm. der zugehörige Stiel 6 Mm. Wie man sieht, sind die aus den Blüthenknospen stammenden Blätter den aus der Laubknospe sich entwickelnden um ein Stück voraus. Von den Deckschuppen sind nur die beiden innersten Paare bedeutend entwickelt, die folgenden wenig, die äussersten sind vertrocknet. Auch hier findet man die Deckschuppen der Blüthenknospen grösser, als die der Laubknospen. Die Stärkevertheilung in allen Elementen des vorigjährigen Triebes, der nicht in die Länge wächst, ist noch wie am Anfang und man nimmt, ungeachtet des augenscheinlichen Verbrauches von Seiten des diesjährigen Sprosses, noch keine Verminderung wahr; die Reactionsintensität ist im Gegentheil überall noch gesteigert. Das Vorhandensein einer leitenden Verbindung in den Stärkeschichten und parenchymatischen Geweben ist in diesem Stadium für alle diejenigen Theile charakteristisch, welche auf Kosten von Reservestoffen noch weiter wachsen werden. Der Stammtheil des Sprosses, die Laubblätter und der Fruchtknoten beweisen durch Erfüllung genannter Gewebe mit transitorischer Stärke einen fortgehenden Zuzug aus dem Reservoir. Die Deckschuppen, Blumenblätter und Staubgefässe, die ihre Bestimmung erreicht, und von der Axe sich bald abtrennen werden, zeigen in ihren Geweben nur noch Spuren von Stärke und lassen keine leitende Verbindung mit dem Reservoir erkennen. Der Gerbstoffgehalt im vorigjährigen Triebe hat sich nicht vermindert. In allen aus der Knospe hervorgegangenen Theilen sind nicht unbedeutende Mengen an Gerbstoff nachzuweisen. Dies gilt sowohl für die noch weiter wachsenden Theile als auch für diejenigen Organe, welche ihr Wachsthum vollendet. Der Gerbstoffgehalt in den Deckschuppen, Staubgefässen und Blumenblättern ist nicht verringert, worin sich ein entschiedener Unterschied im Verhalten des Gerbstoffes und der Stärke geltend macht. Der Gerbstoff ist in der vor uns liegenden Periode, ebenso wie Zellstoff, neu gebildet

worden, während Stärke verbraucht worden ist und zur Entstehung neuer Stoffe umgesetzt sein muss. Die Zuleitung des Eiweisses aus dem Reservoir zu allen aus der Knospe entstandenen Theilen ist deutlich nachweisbar, eine Veränderung im Reservoir selbst jedoch, ebenso wie bei der Stärke, noch nicht zu ersehen. Eine Thätigkeit des Cambiumringes in dem vorigjährigen Triebe findet noch nicht statt.

Die letzte Periode vom 11. Juni bis 22. Juni findet ihren Abschluss mit dem ersten Auftreten neuentstandener Stärke in den Chlorophyllkörnern der Blätter. Mit dieser Aenderung im Chemismus und dem nun mehr und mehr hervortretenden Reductionsprocess erreichen aber auch die Formveränderungen in gewisser Weise ihre Grenze. In allen Theilen des Sprosses sind die Streckungen weiter gegangen, die grössten Blätter haben fast ihre definitive Grösse erreicht, und unter dem Vegetationskegel sind die ersten Deckschuppenkreise für die Knospe des nächsten Jahres entstanden. Der äusseren Form nach ist die neue Knospe schon vorhanden, doch fehlen noch die Laubblättchen. Das Längenwachsthum der Axe hat hiermit der Hauptsache nach sein Ende erreicht. Die Thätigkeit des Cambiumringes beginnt in den dünnsten Aesten in dieser Periode.

In der Zeit vom 19. Mai bis zum 22. Juni, in der zweiten Hälfte der Reservestoffperiode, sind, wie man sieht, fast alle morphologischen Metamorphosen enthalten, welche an der Spitze der Axe vor sich gehen. Es bleiben für die spätere Zeit noch der Rest der Streckungen an Internodien und Laubblättern, sowie die Anlage der Laubblättchen in der neuen Knospe. Alles dieses geschieht aber in den noch übrigen $2^1/_2$—3 Monaten, die man passend die »Neubildungsperiode« nennen könnte, weil die Neubildung organischen Stoffes aus unorganischen Elementen durch die Chlorophyllkörner jetzt die in den Vordergrund tretende physiologische Function wird. Die Thätigkeit des Cambiumringes ist in der Reservestoffperiode dagegen sehr unbedeutend, sie beginnt erst am Ende in den dünnsten Aesten. Die Deckschuppen der diesjährigen Knospe und die Blüthenorgane sind abgestorben. Die Frucht hat angefangen sich zu entwickeln und misst

jetzt vom Ansatze des Stieles bis zur Spitze eines Samenflügels etwa 20 Mm.

Fassen wir alle bisherigen Betrachtungen zusammen, so können wir für den Ahorn folgenden Satz aufstellen: »Die Reservestoffperiode ist in ihrer ersten Hälfte durch die Erscheinung des Saftsteigens charakterisirt, in der zweiten durch morphologische Veränderungen, welche die Axe vorzugsweise in die Länge ausbilden, die Neubildungsperiode dagegen enthält hauptsächlich Veränderungen, durch welche die Axe in die Breite entwickelt wird. Mit dem Längenwachsthum fällt die Blüthe und Fruchtanlage, mit dem Dickenwachsthum die Fruchtentwickeluug zusammen.«

Gehen wir nun zu einer genaueren Betrachtung des letzten vorliegenden Abschnittes der Reservestoffperiode über und betrachten zunächst die Stärke. Fast aus allen Elementen des vorjährigen Triebes mit Ausnahme der Stärkeschicht der Rinde ist die Stärke vollkommen verschwunden. Ein Zweig von 3—4 Mm. im Durchmesser zeigt alle Holzelemente stärkefrei und gleichzeitig findet man die Thätigkeit des Cambiumringes begonnen, es sind Holzgefässe einerseits und Bastelemente andererseits gebildet worden. Ein Zweig von 6 Mm. im Durchmesser zeigt noch viel Stärke im Holz, deutlich tritt dabei aber hervor, wie die jüngeren nach Aussen liegenden Jahrringe weniger enthalten, als die älteren. Die Thätigkeit des Cambiums hat begonnen, ist aber geringer gewesen, als in dem dünneren Zweige; die Grenze des Ringes ist nicht mehr scharf, die Menge der gebildeten Elemente aber kleiner. Ein Zweig von 12 Mm. Durchmesser zeigt gar keine Stärkeabnahme und keine Thätigkeit des Cambiumringes. Die Rinde derselben Zweige ist stärkeärmer geworden und nur in der Stärkeschicht finden sich erheblichere Mengen. Auf keinem Querschnitt aber ist die Rinde ganz frei von Stärke, und auch jetzt scheint, wie am Anfang, die Rinde jüngerer Zweige relativ reicher zu sein. Aus diesen Beobachtungen ergaben sich nun für die Art der Stärkelösung folgende Sätze:

»Im Holz schreitet die Stärkelösung von Oben nach Unten zu fort, sie erfolgt von Aussen nach Innen und, worauf besonders Gewicht zu legen ist: sie geht proportional der Thätigkeit

des Cambiumringes vor sich. Im Holz wie in der Markkrone erfolgt die Stärkelösung vollkommen, d. h. alle in einem Querschnitt vorhandene Stärkesubstanz wird verbraucht. Auch in der Rinde wird die Stärke gelöst, aber nicht proportional der erwachenden Thätigkeit des Cambiumringes und auch nicht vollkommen, d. h. Stärke bleibt in der Stärkeschicht der Rinde zurück, wo in demselben Querschnitt in der Rinde sonst und im Holz Nichts mehr vorhanden ist.«

Die Beziehung zwischen der Stärkelösung im Holz und der erwachenden Thätigkeit des Cambiumringes weist entschieden darauf hin, dass die Bestimmung der Holzstärke in erster Linie Verbrauch zur Holzbildung am Cambiumringe in demselben Querschnitt ist. Andererseits zeigt die leitende Verbindung, in welcher die Stärkeschicht der Rinde von Anfang bis zu Ende mit den weiterwachsenden Theilen steht, dass der Stärkevorrath der Rinde ununterbrochen zum Längenwachsthum des Sprosses mit all seinen anhängenden Theilen verbraucht wird. Eine leitende Verbindung aus dem Holz in den sich streckenden Spross ist nicht vorhanden und jetzt jedenfalls aufgehoben, wo doch noch viel Stärke unten im Holz vorhanden ist. Diese Thatsachen bestimmen mich zu der Annahme, dass das Stärkereservoir der Rinde und des Holzes nicht in gleicher Weise Material zur Knospenentwickelung und zur Zellbildung am Cambiumringe hergeben. Die Stärke im Holz dient vorzugsweise zur Holzbildung in demselben Querschnitt, wo sie abgelagert; die Stärke der Rinde dient zunächst zur Knospenentwickelung und dann am Cambiumringe zur Bildung neuer Rindenelemente.

Vergleicht man schliesslich die am Anfang und am Ende vorhandene Stärke, so sieht man, wie der in der Reservestoffperiode überhaupt gelöste Antheil relativ klein gegen den ganzen Vorrath ist. Der grössere Antheil der Reservestärke muss in der Neubildungsperiode zur Holz- und Rindenbildung am Cambiumringe verwendet werden. Ohne auf das Eiweiss, über welches die Resultate keinerlei neue Gesichtspunkte bieten, näher einzugehen, fassen wir zum Schluss den Gerbstoff noch näher ins Auge.

Betrachtet man den vorigjährigen Trieb, so zeigt sich der Gerbstoffgehalt hier in keiner Weise verändert. Alle Elemente,

welche Gerbstoff enthielten, zeigen auch jetzt nach Entstehung des neuen Sprosses denselben Gehalt. Die Zellen, in denen Gerbstoff und Stärke zu gleicher Zeit sich vorfanden, und wo die Stärke vollkommen gelöst ist, enthalten Gerbstoff wie am Anfang. Im Reservoir hat also Stärke abgenommen, während Gerbstoff nicht verändert worden ist. Im diesjährigen Spross finden sich nun aber in den Geweben aller Organe reichliche Mengen Gerbstoff, die durch Translocation nicht dorthin gekommen sein können, weil die Menge unten nicht abgenommen. Der Gerbstoff muss also jedenfalls in der Reservestoffperiode gebildet worden sein, dies ist ein Schluss, den wir aus der Untersuchung im Allgemeinen ziehen müssen, und in welchem sich eine weitere Analogie der Knospenentwickelungs- und Keimungsvorgänge ergiebt. Beim Weiterwachsen des Stammes an seiner Spitze sieht man in einem relativ frühen Altersstadium in bestimmten Zellen und Geweben constant Gerbstoff erscheinen, der durch den Process des Wachsthums gebildet sein muss. Trägt man durch successive Querschnitte eine Stammspitze ab, in deren Zellen durch zweifach chromsaures Kali der Gerbstoff vorher niedergeschlagen wurde, so erhält man ein deutliches Bild von der Art und Weise wie der Gerbstoff in den jugendlichen Geweben entsteht. Zuerst tritt er in den äussersten Theilen der primären Rinde auf und zwar dann, wenn der Stamm sich bereits in Rinde, Mark, Zwischengewebe und Bündel differenzirt hat. Darauf erscheint er im Markkronentheil der Bündel und dem Theil der Stärkeschicht, welche den Letzteren zunächst anliegt, sowie in bestimmten Gerbstoffzellen des vom Cambiumbündel stammenden Theiles der secundären Rinde. Der folgende Process ist eine Gerbstoffbildung im Markkronentheil des Zwischengewebes und dem entsprechenden Theile der Stärkeschicht. Beim Dickenwachsthum endlich durch den Cambiumring erfolgt eine Gerbstofferzeugung in Holzparenchym, Herbstholzzellen und Holzmarkstrahlen einerseits; sowie in den entstandenen Gerbstoffzellen der secundären Rinde andererseits.

Wie in dem Stamm, so zeigt die Untersuchung, soweit die Beobachtungen ausgedehnt werden konnten, auch in den anhängenden Organen eine stetige Vermehrung des Gerbstoffes. Er

erscheint auch hier an bestimmte Zellformen und Gewebe gebunden. Er tritt in den Letzteren in einem relativ frühen Entwickelungsstadium auf und verbleibt ihnen als constanter charakteristischer Bestandtheil des Inhaltes für die Folgezeit. Wie für den Stamm, so lässt sich auch für die anhängenden Organe im Allgemeinen sagen: die nach Aussen gelegenen Gewebe Epidermis und Collenchym seien die Hauptträger des Gerbstoffs. Hier zeigt er sich bei Entwickelung eines Organes immer zuerst, oder doch zuerst in grösserer Menge. Nächst diesen Geweben sind es hauptsächlich die Stärkeschichten, welche stets mehr oder weniger Gerbstoff enthalten, und ebenso finden wir in der Nähe der Milchsaftgefässe stets eine Anzahl einzelner Gerbstoffzellen gruppirt.

Die vorstehenden Beobachtungen werden ohne Zweifel hinreichend sein, um zu beweisen, dass der Gerbstoff kein Reservestoff sein kann, dass er im Gegentheil in der Reservestoffperiode gebildet wird. Der Gerbstoff muss ein Bildungsproduct derjenigen chemischen Umsetzungen sein, bei welchen aus organischem Material der Pflanzenkörper sich selbst vergrössert, d. h. ein Bildungsproduct des im Pflanzenkörper vor sich gehenden Oxydationsprocesses. Als Auswurfstoff kann der Gerbstoff jedenfalls auch nicht aufgefasst werden, da er ja gerade in noch lebhaft functionirenden Zellen auftritt. Es bleibt weiteren Forschungen vorbehalten über die physiologische Bedeutung des Gerbstoffes zu entscheiden, hier ist die constante Zunahme dieses Stoffes und seine Localisirung in bestimmten Zellen fast geeignet den Gerbstoff als ein wirkliches Endproduct zu bezeichnen, und ihn als wesentlich für die Existenz dieser Zellen selbst anzusehen.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.